

大气科学辞典

《大气科学辞典》编委会

气象出版社

大气科学辞典

《大气科学辞典》编委会

气象出版社

(京)新登字046号

内 容 简 介

本书由从事大气科学工作的知名学者、专家、教授、及高级工程师，历时十载编纂而成。本书包括总论、天气学、动力气象学、气候学、大气物理学、大气探测学等学科和农业气象学、水文气象学、军事气象学、航空气象学、海洋气象学等应用气象学科以及气象业务和服务等16个方面，共7500余条目，并附有22篇需经常查阅的资料和图表。大气遥感、气象卫星探测、雷达气象等方面的许多辞条是近十几年来的最新内容，气象业务和服务、气象学在其它方面的应用等方面的辞条，有许多内容具有我国特色，反映了中国当代现代化气象事业的成就和经验。每个条目的名称后都有英语配名，书后附有全部条目名称的“英语配名索引”，所以，本书还可兼作汉英对照词汇和英汉对照词汇书来使用。本书是大气科学及相关学科的专业科技人员和院校师生的实用参考书。

大气科学辞典

《大气科学辞典》编委会

气象出版社出版

(北京西郊白石桥路46号)

北京市外文印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行 全国各地新华书店经销

开本：787×1092 1/16 印张：67 字数：2400千字

1994年6月第一版 1994年6月第一次印刷

印数：1—3500 定价：78.00元

ISBN 7-5029-1537-0/P·0641

《大气科学辞典》编委会

顾 问 谢光道

主 编 顾钧禧

副主编 章基嘉 巢纪平 章 淹 赵柏林

编委（按姓氏笔划排列）

丁一汇	王绍武	丑纪范	朱福康	刘汉中
刘宏勋	纪乃晋	余志豪	张拔群	陈联寿
周诗健	周晓平	郑德诚	赵柏林	胡志晋
顾钧禧	章基嘉	章 淹	巢纪平	

主要撰稿人（按姓氏笔划排列）

马振骅	王绍武	王明星	王学永	丑纪范
史国宁	吕达仁	吕乃平	朱福康	朱瑞兆
刘树范	刘汉中	刘春达	安顺清	孙淑清
任振球	纪立人	伍荣生	曲延禄	曲曼丽
杨国祥	杨远驰	杨 斌	吴宝俊	李崇银
李有来	李毓芳	宋兆民	张先恭	张拔群
余鹤书	余志豪	肖 佐	邱崇践	陈雄山
陈学溶	林锦瑞	林家栋	周诗健	周家斌
郑德诚	赵开化	赵柏林	赵宗慈	胡志晋
胡绳照	施尚文	顾忠诚	顾钧禧	秦 瑜
徐 昭	郭锡钦	郭秉荣	陆家琏	黄炳勋
黄嘉佑	黄荣辉	龚绍先	龚高法	盛承禹
符淙斌	鹿洁忠	曾书儿	董克勤	满再鑫
潘守文				

特约编辑 张杏珍
责任编辑 徐 昭 邹坚峰 庞金波 陈云峰 黄 健 张京裔
责任校对 纪乃晋 邹坚峰 周诗健 顾仁俭 徐 昭 郭彩丽
(按姓氏笔划排列)
责任技编 都 平
封面设计 苏振生

前 言

大气科学是研究地球大气中各种现象的形成原因、时间空间分布和演变规律，以及如何利用这些规律为人类服务的一门学科。如何认识大气中的各种现象及其演变，及时而又正确地预报未来的天气和气候，并对不利的天气和气候条件进行人工防御和调节，是自古以来人们不断探索的领域，所以它是一门十分古老的学科。但近百多年来它已成为蓬勃发展的现代学科，特别是近几十年，随着气象雷达、气象卫星、高速电子计算机、红外及微波遥感等新技术在大气科学领域中的广泛应用，使其获得了飞速的发展，并使大气科学的高度分散（指观测站点）和高度集中（指资料迅速集中）的特点愈加突出。因此，国际间的合作和交流已成为推动其发展的必要途径。当前，大气科学领域中国际间的双边、多边乃至全球性的合作和交流日趋频繁。

为了促进大气科学的交流和发展，大多数先进的国家都编写和出版了大气科学方面的各类辞书。解放前我国第一本气象学名词在30年代问世后，大气科学工具书的出版工作一直处于停止状态。解放以后情况虽有很大改变，但仍局限于编印大气科学名词的中外文对照手册，直至1982年仍无一本较完备的大气科学辞典。长期以来，我国的大气科学工作者只能参阅国外有关这方面的辞书。然而这些书中有的内容与我国具体情况不尽相符，也反映不出我国大气科学事业的发展情况和特点。在我国实行改革开放和大力发展科学技术的今天，这种情况已影响到我们在大气科学方面的对外交流和合作，也阻碍了我国大气科学事业的发展。所以，广大的大气科学工作者希望有一本能反映现代大气科学成就并具有我国特色的辞书，不少知名学者也提出了编写和出版此书的建议。

气象出版社接受了学者们的建议，在作了深入调研和准备工作之后，于1982年10月在成都召开的中国气象学会年会期间，召集了部分专家就出

版该书的必要性和可能性举行了座谈。1982年12月由我社正式聘请17位（后扩大到20位）同志组成《大气科学辞典》编委会。1983年1月在北京召开第一次编委会会议，会上确定这是一本解放以来我国自己编写的中型辞书，要求既有一定的深度，又要有一定的广度；既能反映现代大气科学技术的水平和成果，又能反映出我国解放后30多年来在大气科学技术上的成就和经验；既要反映出国际先进水平，又要有我国自己的特色。1983年10月在江苏无锡召开第二次编委会，通过了条目框架、编写体例和撰写计划等具体事项，1984年起全面开展撰写和编辑工作。由于情况变化和对巨大的工作量估计不足，迟至今天才正式出版。在此过程中发生了如苏联解体之类的变化，因涉及到整个辞典的编排体系，故未将“苏联”相应变更为“前苏联”，相信这不会影响读者的理解。

本辞典内容包括总论、天气学、动力气象学、气候学、大气物理学、大气探测、农业气象学、水文气象学、军事气象学、航空气象学、气象学在其他方面的应用、气象业务和服务、常用基础和边缘学科等14个方面的辞条7500条左右。另外，附录中收集了22篇需经常查阅的材料和图表。大气遥感、卫星探测、雷达气象等方面的许多辞条是近十几年来的最新内容；气象业务和服务、气象学在其他方面的应用等方面的辞条，有许多内容具有我国特色，反映了我国当代气象事业的成就和经验。本书基本上达到了编委会提出的要求。另外，每个条目名称后都有英语配图，书后还附有全部条目名称的“英语配图索引”，所以，本书还可以作为汉英和英汉对照词汇来使用。

参加本书撰稿的有一百多位专家，根据最初的议定，撰写一般词条50条以上者才列名于主要撰稿人名单中，特此说明。本书从酝酿、筹备、组稿、编辑到出版的过程中，自始至终得到了许多单位、专家及广大的大气科学工作者的大力支持和帮助，谨在此一并表示衷心感谢。

这是我社第一次组织编写和出版这样的辞书，缺乏经验，加之水平有限，辞典中可能存在不少错误和缺点，敬请读者批评指正。

气象出版社
1994年3月

凡 例

1. 本书列有全部条目的分类目录，以使读者了解本书的概貌。有些条目可以划分在某两个学科内，则为照顾学科的完整性，在这两学科的目录中均已列入。总论中的条目大部分与有关分支学科同列。

2. 本书的分类目录前有《现代的大气科学》、《中国现代的大气科学》、《中国古代气象学》等三篇特约专家撰写的介绍大气科学发展历史和现状的概括性文章。

3. 本书的正文，先列以汉字开头的条目，均按条目名称的汉语拼音字母的顺序排列。同音时，按声调（阴平、阳平、上声、去声）顺序排列。音调相同时，则按笔画由少到多的次序排列。随后，是以英文、希文、阿拉伯数为开头的条目，它们分别以英文、希文的字母顺序和阿拉伯数由小到大的次序排列。

4. 条目名称多数为一个词，例如“急流”、“气旋”、“龙卷”；只有极少数是词组，例如“黑子的半影和本影”。

5. 辞条格式：开头为条目名称，排黑体，并用方括号〔 〕括起来；其后跟随的圆括号（ ）内为条目名称的英语配名；空一格以后则为释文。

6. 本书条目释文力求使用规范化的现代汉语。释文开头一般不重复条目名称，如有别称（或又称、俗称、简称）时，则先给出别称，接着为简要的定义或概括性叙述（仅极少数词条）；最后是条目的具体解释。

7. 一条目的释文中出现另一条目名称，可能需要参阅其释文内容才能更好地理解本条目时，则在释文中将后一条目名称排成黑体，以便读者查阅。

8. 本书条目中有以下两类特短条：

〔□□□□〕（△△△△）即□□□□

〔□□□□〕（△△△△）见□□□□

前者表示〔□□□□〕是□□□□的别称（或又称、俗称、简称），二者是一样的。后者表示〔□□□□〕的定义和简要的解释在□□□□的释文中可以查到。

注：□…□表示汉字，△…△表示英文

9. 条目释文中出现某些科学名词（主要是大气科学名词），并给出了它的定义，但没有列为正条的，为使读者易于查到其定义，将此类科学名词编列成参见名词索引，排在本书的最后。

10. 外国人名和地名的中译名，原则上与《英语姓名译名手册》（新华通讯社编，第二次修订本，商务印书馆1985年版）和《外国地名译名手册》相一致。但极少数在大气科学中惯用的译名，仍保留其习惯译法，如Rossby, Fortin仍译为罗斯贝、福丁。

11. 文中的数字用法，原则上遵照“关于出版物上数字用法的试行规定”，即除了习惯上用汉字表示的以外，一律使用阿拉伯数字。

12. 除条目名称外边的方括号之外，条目名称中及释文中的方括号内文字，表示可以省略；释文中圆括号内的文字，多数为注释性的，只有极少数是代替性的。

13. 本书附录《大气科学发展年表》、《世界一些国家主要气象刊物简表》、《蒲福风力等级表》等22种，供参阅。

14. 本书附录后附有全部条目名称的“英语配名索引”，根据英文字母的顺序排列，可供读者查阅。

现代的大气科学

叶笃正

人类生活于大气之中。自有人类以来，人们就由于生存的需要，不得不对大气中的自然现象进行观察和研究，因而气象学可说是一门非常古老的科学。在17、18世纪，附属于地理学并作为其一个分支的气象学，主要是描述性的。到20世纪初，气象学从地理学分出来，逐渐发展成为地学的一个大分支。

近二三十年来，随着科学的飞跃进展，人们用于研究大气现象的手段已有长足的进步，研究的对象也越来越广泛，于是，大气科学这个名词，便渐有代替气象学这个名词之势。

大气科学不仅研究从地面到高空（几十公里）大气圈内所发生的一切物理和化学自然现象，也研究人类活动对自然现象的影响。这些现象非常复杂而广泛，其空间尺度可小到若干米，大到整个地球；它的时间尺度则可小到分、秒，大到数千万年。

大气中的现象是这样复杂，范围如此广大，人们难以用一般试验室中的试验方法去研究它。除一些特殊的比较简单的现象外，大气科学缺乏如物理学和化学的试验手段，这也是大气科学进展速度不如物理学和化学快的原因之一。但自从快速电子计算机问世且飞跃发展以来，大气中的各种重要现象，几乎都可以用电子计算机进行数值模拟和预报，从此大气科学进入了试验阶段，也摆脱了定性时代，进入了定量时代。因此，电子计算机的发展大大推动了现代大气科学的进展。

科学的进展依赖于新事实的发现，这就要靠先进的观测手段。雷达、激光、卫星和痕量分析手段等的出现，大大促进了大气物理和大气化学现象的观测。用现代化手段进行大规模的观测，使过去不可能观测的一些现象，如雷暴中包括垂直运动在内的三维流场，大气中极微量的化学成分（如 CH_4 ）等，现在都可以观测和分析。过去不可能同时观测的全球大气现象，现在通过卫星手段也可以观测了。现代化观测手段，尤其是卫星，又大大促进了现代大气科学的进展。

在过去相当一段时间里，大气化学没有受到应有的重视。自从了解到大气污染（如酸雨），以及大气微量成分（如 CO_2 ， CH_4 等）对全球气候有影响之后，大气化学的研究提到了重要日程上，得到蓬勃的发展，并成为大气科学的重要分支学科。人们还逐渐认识到大气物理过程和大气化学过程的相互作用，应该联系起来进行研究。臭氧对大气辐射有重要影响，尤其在平流层的中、上部。要比较全面地研究那里的大气运动，就不能不把光化学过程和大气动力过程结合起来。 CO_2 和 CH_4 等大气微量成分对大气有着重要的温室作用，它能使对流层大气增温，因此，研究比较长期的气候变化，就不能不把 CO_2 和 CH_4 的化学平衡过程和大气动力过程联系起来。鉴于大气中化学过程和物理过程有相互反馈作用，这里不但要考虑自然界的物理和化学过程，还须注意人类活动对大气中 CO_2 和 CH_4 含量的影响。所以，研究气候的长期变化，人类活动也是一个不能忽略的重要因子。

近年来，大气科学另一重要进展是，逐渐认识到大气中出现的天气、气候以及化学现象，在大气之中不是孤立的。这些现象因各自的空间尺度和时间尺度不同，便在不同程度上受到海洋、地表面冰雪覆盖和生物圈等的制约。反之，大气对它们也有反馈作用。要作出比较好的天

气和气候预测，尤其是长时期气候预测，就得同时考虑大气、海洋、陆地、冰雪和生物圈。它们组成了一个有相互作用的体系，称为气候系统，这是现代大气科学中出现的一个重要概念。

大气是没有国界的，各地的大气息息相关。一个地区的大气运动影响着另一地区的大气运动。不同地区的大气现象有着远距离的遥相关，要作好某一地区的较长时间（如一个星期以上）的天气预报，就必须考虑全球大气的情况。

从本世纪60年代起，世界气象组织(WMO)就组织了世界天气监视网(WWW)，对全球大气进行观测。并和世界科联(ICSU)组织了有几十个国家参加的全球大气研究计划(GARP)，其目的在于改进短期预报，并逐渐将天气预报时效延长到十天以至两个星期以上。为了完成全球大气研究计划，在70年代末进行了有近百个国家参加的第一次全球观测试验(FGGE)，这是有史以来第一次非常壮观而广泛的国际合作气象观测和研究。经过十余年的努力，已有一个可监视全球气象情况的观测系统与通讯系统，并且有好几个国家建立起一周左右的数值天气预报业务，并正向十天以上的预报进军。现在全球合作的研究已转移到更广泛及更新的领域；从80年代中期开始，一个更庞大的世界气候计划(WCP)代替了全球大气研究计划。这个计划主要研究在多大程度上气候是可以预报的，并确定人类活动对气候影响的程度。它有三个目标：(1)建立预报时间尺度为1—2个月的天气异常的物理基础；(2)预见时达数年的全球气候变化；(3)刻划时达数十年的全球气候变化趋势，并论证气候对人类活动的感应(如燃烧使大气增加CO₂成分)。为了实现上述目标，总计划之下又有若干子计划，如世界海洋环流试验(WOCE)，热带海洋和全球大气研究(TO GA)，包括国际卫星云图气候计划(ISCCP)在内的辐射计划，洋冰预测国际气候计划(SIPICE)，地表过程与气候研究等等。除世界气候计划外，从80年代起还实行中层大气研究计划(MAP)，主要研究平流层、中间层大气的风系、构造、波动及中层大气环流，它将使人们对平流层、中间层的运动规律以及它的物理、化学情况有更深入的了解。再如在大气化学方面，除了建立全球本底监测网外，从1987年起，执行一个为期十年的全球对流层实验计划(GTE)，研究全球污染物质的生消、输送、温室效应以及探测分析它们的技术。

如上所述，当代大气科学的一个重要特色是大规模的国际合作。此外，一些国家也经常对某一特殊天气系统或某一特殊问题，单独进行大规模综合观测，如美国对灾害性风暴进行的综合观测研究；我国在1979年对青藏高原气象的大规模综合观测研究。在80年代后期到90年代中期，我国还将对京、津地区灾害性风暴进行综合观测研究。用现代化观测手段，对某一特殊天气系统进行综合观测，研究它的发生发展过程，以期达到能预报它的目的，这是现代大气科学的又一个特色。

中国现代的大气科学

陶 诗 言

近年来,我国的大气科学研究有迅速的进展。1955年12月科学出版社出版的《中国近代科学论著丛刊·气象学(1919—1949)》一书,选编了建国以前我国气象工作者的重要研究成果,书中所收集的主要是古典气候、天气学和动力气象学方面的研究著作,从50年代起,新的研究领域不断扩充。50年代初,有数值天气预报,农业气象学以及云和降水物理研究;60年代开始,有大气探测技术的研究;在70年代,有大气污染、卫星气象和大气化学研究;80年代全球气候变化的研究受到重视。研究领域的扩充同当时国民经济和国防建设的需要,以及计算机和大气遥感技术的发展密切相关。

天气动力学的进展

早在50年代,我国第一代电子计算机的出现,给数值预报研究提供了条件。1965年初,开始有北半球范围的准地转一层业务数值预报,1969年采用北半球准地转三层模式作业务预报,70年代共研究出六种长期数值预报模式,并进行过预报试验。80年代初,开始用原始方程多层模式作业务预报,以后又有中、小尺度数值预报模式,可预报暴雨等灾害性天气系统,中期数值预报目前已投入业务。此外,大气环流数值模式已在全球气候变化研究中应用,海洋环流模式正在研究中。

在大气动力学研究方面,50年代曾对定常大气环流的维持机理作过研究,1958年出版的《大气环流的若干基本问题》一书,概括了大气环流的主要观测事实,并就这些事实的本质及其相互关系作了理论探讨。到60年代,又曾对旋转大气中的风和气压场的适应过程进行过不少研究。这一期间还开始注意探讨积云动力学和中、小尺度系统动力学,提出了描写中、小尺度动力学的动力学方程组。1964年出版的《积云动力学》一书是这项研究的系统总结。70年代,着重研究了数值天气预报的数学物理基础,1979年出版的《数值天气预报的数学物理基础》是其系统总结。70年代末还提出了湿斜压大气的概念和理论。

青藏高原气象学是建国三十多年来一直受到重视的研究课题,1960年出版的《青藏高原气象学》一书,是50年代研究的总结;而1979年新编出版的《青藏高原气象学》,以及1980年出版的《南亚高压》两书,则分别是60、70年代研究成果的概括。1979年5—9月,我国在青藏高原进行了首次高原气象科学综合观测试验,获得了大量资料。协同研究的项目有高原地面辐射平衡和热量平衡、高原天气系统的活动、高原对大气环流的影响和高原影响的数值试验等四个方面,揭露出高原气象学的许多新的现象,也提出了一些新的观点。这些研究成果收集在1982年出版的两本会议文集中。

灾害性天气的研究一直是建国以来气象学研究的重点课题。在寒潮、暴雨、台风、雷暴大风和冰雹方面,都进行过大量研究。50年代总结归纳出影响我国的几类主要寒潮路径,指出寒潮过程是大型环流急剧调整的结果。70年代陆续完成了1951—1975的《中国寒潮年鉴》,这是寒潮研究的基本资料,此项工作仍在继续。70—80年代,又进而研究寒潮过程与长波和超长波活动的关系。建国以来各地气象部门尤其重视暴雨的研究。例如,50—60年代曾对长江流域的梅期暴雨作过系统性研讨。70年代,又先后在湘中地区、华南、长江流域和华北,分别开展对暴雨的协作研究,取得了不少重要成果。1980年出版的《中国暴雨》一书,就是对建国以来的暴雨

研究进行的系统性总结。50年代曾着重研究过台风的路径和登陆地点问题，60—70年代，又进而注意探讨台风路径的转折与环流形势突变的关系、南海和近海台风发生发展的条件、台风停滞打转、及西太平洋上多台风活动和少台风活动时段环流特征等。这个时期已开始用数值预报和动力-统计方法来预报台风的移动，并开展台风流体力学的模拟试验，以模拟台风的结构和移动。1979年出版的《西太平洋台风概论》和1987年出版的《台风预报手册》，全面介绍了我国台风研究的成就。

70年代的研究还填补了卫星气象学的空白。我国曾经组织力量研究卫星资料在天气分析和预报上的应用，此项研究成果迅速在全国推广，并且写入1976年出版的《中国卫星云图使用手册》一书中。

1981—1982年的5—6月，中国人民解放军总参谋部气象局，组织有关单位在江淮地区进行了中、小尺度天气系统的综合观测，这次试验对江淮流域梅雨锋上的强对流活动和梅雨锋的结构，均有新的发现。1986—1990年我国在珠江三角洲、长江中游以及京津地区建立中、小尺度灾害性天气观测基地，研究了短时灾害性天气预报方法。

季风的研究在我国已有50年的历史。竺可桢的《东亚季风和中国的降水》和涂长望等人的《中国夏季风之进退》，是我国研究季风的经典著作。50年代，对东亚季风气候的研究得到新的重视，提出过季风指数的表达式以及夏季风的进退与我国大陆雨带移动的关系。1962年出版的《东亚季风若干问题》一书，是这个时期季风研究成果的总结。70年代末期，通过对季风开展协作研究，对于夏季风的结构、夏季风的进退、夏季风时期的14—40天振荡、夏季风维持的机理和夏季风的年际变化，又都有了较深刻的认识。我国还与美国签订了季风合作研究的协定，并于1983、1985、1987和1989年举行过四次中美季风学术讨论会。

竺可桢对中国各历史时期的气候，曾进行过多年的研究。70年代初发表的《中国近五千年气候变迁的初步研究》一文，是他在这一领域研究的代表作。文章描述了我国五千年来气候变化的轮廓，在国际上获得很高的评价。70年代中期，由全国23个单位协作编绘并出版了《中国近五百年旱涝分布图集》，这是历史气候研究方面的一项重大成果。

我国东北地区夏季的低温（冷害），往往严重影响农作物的收成。70年代末至80年代初，有十个单位协作对这个问题进行研究，提出了预报东北夏季低温的判据。

在应用气候（如农业气候区划，太阳能和风能的气候资源）和地方性气候（如山区气候和城市气候）方面，都有不少的研究成果。

1985年出版的《中国气候》一书以及1990年出版的《气候蓝皮书》，概括了我国近30年的气候资料，可说是两本比较全面地论述中国气候特征的书。书中整编好的大量气候数据和图表，尤有实用价值。

大气探测的进展

我国大气探测的研究于60年代起步，25年多来，在大气探测方法研究、探测设备的研制和应用上已取得如下几个方面的成绩：

（1）气象雷达的研究及其业务应用有所普及。国产3cm的711雷达，5cm的713雷达，以及10cm的714雷达，均已批量生产并已研制5cm多普勒雷达。这些设备对于危险天气警报，防雹和人工影响天气，降水区和暴风暴雨区的测定起到重要作用。

（2）我国已成功地发射了极轨气象卫星（风云一号），并准备在将来发射地球同步气象卫星（风云二号）。我国研制成功多种气象卫星资料接收设备，并批量生产，投入业务使用。自1969年以来，先后研制APT，VHRR和TIROS-N三代美国业务气象卫星云图接收设备和日本地球同步气象卫星接收设备，并已经装备到全国许多气象研究和业务单位。

(3) 地面微波遥感探空(无球探空)系统的研制获得进展。70年代以来,已研制出多波段测温、湿、云的辐射计系统,并进行了成功的试验;研制出由微机控制和自动数据处理的水汽,云雨辐射计系列,并成功地试用于水汽舌层分布的遥感探测。还提出主动被动结合的遥感云雨分布之原理方案,并进行过相应的试验。这项研究开辟了从地面遥测云雨的途径。此外,我国已研制成晴空探测雷达(MST雷达),实现了完全的无球测风。

(4) 70年代中期以后,建立起我国第一个平流层高空气球观测基地,为平流层大气探测、高能物理、空间物理和红外天文等方面的研究提供观测平台。目前已取得施放高度38km,载重250kg,留空18小时并安全回收的记录。

(5) 60年代起,先后研制出四种中、小型激光雷达,并配有微机控制与资料收集的辅助装置,可以进行大气边界层结构、气溶胶、云、风与湍流、能见度及平流层气溶胶的探测与研究;其中在能见度研究方面尤具先进水平。

(6) 70年代以来,开展了大气光学遥感理论探讨和野外测量,应用于观测大气气溶胶特征方面,已达到先进水平。

(7) 目前正在积极研制新一代的电子探空仪、自动气象站和长期自记气候站。研制工作进展顺利,有的则已设计定型。

云、降水物理的研究

从1958年开始,二十多年来我国的云、降水物理学研究进展迅速。在人工影响天气和云、降水物理研究方面,还进行过规模较大的野外试验和理论探讨。60年代对北方冷性层状云的试验发现,在云层条件好的情况下,用干冰、碘化银和盐粉,选择合适的部位进行合理催化,可以达到增雨的效果。对暖云降水理论和人工影响试验也作了许多工作,提出过暖云降水的“起伏理论”。

近年还研制了三用滴谱仪、地面电场仪、云滴谱仪、冰晶取样仪、含水量仪等。80年代引进一些机载云微观参数探测器,多次对云进行了测量。

国家气象局建立的中型云室,以及有些单位建立的小型云室,用来研究催化剂、云滴或雨滴的增长和核化过程,提出了新生冰晶的增长模式。我国还建立了高压闪电实验室,用以研究云雨中闪电的起电机理。

我国分别在山西、甘肃、河北等地大量进行过人工防雹的试验;但防雹的效果尚难作出定论。

大气边界层物理和大气化学研究

近二十年来,随着大气污染研究和大气物理学的发展,大气边界层物理和大气化学的研究有很大进展,并已取得以下的成果:

(1) 大气边界层探测技术 近十年来,我国利用气象铁塔进行边界层探测的工作进展顺利,大气物理研究所于1978年建成了325m高的气象塔,塔上装有测量风速、风向、温度和湿度的仪器,以及超声风速仪,由计算机进行数据处理,可自动打出每小时的定时观测结果。天津市气象局也建有类似的气象铁塔,高度为260m。此外,南京大学利用长江过江输电塔,也在进行大气边界层观测。70年代初研制成测温声雷达系统,并已投入业务使用。80年代初又研制成多普勒测风声雷达。声雷达探测系统可以探测风速、温度、湍流特征的空间分布随时间的变化。利用激光探测烟羽浓度和大气气溶胶浓度,是我国近十几年来发展起来的一种遥感技术,最近几年还研制出系留气艇探测系统。60和70年代早期,在大气污染野外试验中,多使用立体摄影来测量人工施放烟道轨迹。80年代,又从国外引进SF₆连续测量仪器,用于中距离大

气扩散试验研究。

(2) 大气边界层物理和大气湍流研究 铁塔和声雷达观测表明, 北京地区夜间经常出现多层逆温, 并伴有重力波现象。这些现象都与一次天气系统的过境有联系。声雷达探测还表明, 温度脉动谱值为一随机量, 并满足对数正态分布, 在夏季温度较高的条件下, 大气湍流场往往存在团块结构。大气边界层数值试验在80年代有较大进展。我国曾应用K模式、能量平衡方程和二阶矩模式, 对稳定边界层的发展、倾斜地形的影响、低云和雾的形成及边界层的相互作用等问题作过研究。数值试验结果与观测结果相符。至于大气湍流理论方面, 在考虑湍谱有起伏的条件下, 得到了新的温度结构函数, 对2/3定律作了修正。还建立了考虑背景层结与热量输送相互作用的热传输方程, 计算表明, 这样的大气层结超过中性稳定度。

(3) 大气污染 60年代到70年代初, 为三线建设在山区进行过十多次大气污染野外试验。例如, 用人工烟羽作扩散试验, 并采用立体摄影术和激光雷达, 测得扩散系数。这些试验的目的是为单项国防工程的合理布局提供科学依据。70—80年代, 对大气气溶胶中的化学成分作过定量分析, 还研究了尘暴的传输问题。80年代, 又组织力量对京、津、渤地区的区域性大气污染进行过野外试验。这些试验对于探讨城市热岛效应、地形引起的局地环流及气溶胶污染物的分布等, 提供了大量资料, 并据以分析和提出了京津地区工业合理布局的建议。在太原地区也进行过类似的试验。在80年代进行的大气扩散数值试验, 对考虑地转偏向力和风切变作用的污染物中距离扩散数值试验, 取得较好结果。也曾在风洞中进行过风切变条件下的扩散试验。80年代才引起我国广泛重视的污染问题之一是酸雨。全国已有不少单位在许多城市进行了酸雨的监测和分析, 当前研究的重点是酸雨的分布、季节变化及其形成机制。

现代大气科学研究的一个特色是进行较大规模的综合观测试验, 以及对某个课题开展协作研究。这两者常需要单位之间甚至国与国之间的有效合作。我国在70年代和80年代曾多次进行上述两方面的协作研究, 这是近20年来我国大气科学迅速发展的重要组织措施。预计在今后十年内, 我国还将进行下述科学试验: 第二次青藏高原气象综合观测试验; 京津、长江下游和珠江三角洲的临近预报和中小尺度天气系统的观测试验; 区域性中距离($>200\text{km}$)大气扩散试验。我国已积极地参加世界气象组织的世界气候研究计划(WCRP)。回顾过去, 展望未来, 在80年代后期和90年代, 我国的大气科学将有更迅速的发展, 到21世纪初, 我国大气科学的某些领域将步入国际先进行列。

中国古代气象学

王鹏飞

中国是具有五千年历史的文明古国。古代人民于长期的社会生活中，在防止气象灾害、利用气象资源上积累了不少经验，对气象的理性认识上，也有许多进展。今将中国古代气象学的主要成就及其发展特色，概述如下：

在有文字历史记载以前，从考古发掘出的古代遗迹中发现，我国先民们已知道防御气象灾害和利用气象资源。例如在旧石器时代的云南元谋人（距今约170万年前），已知道进洞穴以避风雨，披兽皮以御寒、防湿，利用火来照明、取暖、烧烤兽肉。新石器时代的半坡村、河姆渡文化遗址（距今约六七千年前），人们已能够根据气候特点种植作物、养蚕治丝、织麻制衣，并利用空气烧制陶器；修造墓穴和房屋时已注意到取向，还注意到屋内的取暖、防寒、去湿、防漏、通风和采光等。

夏代（公元前22至前17世纪）我国东部民族已知画正南-北线的办法，此线刻迄今仍保留在江苏海州锦屏山将军崖。那时人们已能利用天象、物候进行农事活动。例如《尚书·尧典》曾记有判定季节的物候标准¹⁾。

商代（公元前17世纪至前11世纪）很重视天气对人类活动的影响。当时已用文字表述风、云、虹、雨、雪、雷等天气现象，还利用占卜来预求天气信息，以便安排未来活动。在大量卜问未来气象情况的甲骨卜辞中，有卜问未来十天具体天气的记录，称为“卜旬”。到殷代，更有以“立中”作南北线的方法（即树铅直竿的方法）。

西周时代（公元前11世纪至前8世纪）能用土圭定方位，并知不论“雨、暘、燠、寒、风”五类气象状况是否反常，均与农牧业生产有密切关系。《诗经·豳风·七月》记有一年各月的农事活动。《诗经》中有些篇章还记载了当时流行的一些天气谚语，如“习习谷风，维风及雨”等。《周礼》载有观测天文、气象的职能单位名称（如冯相、保章、眡祲）及其编制、分工和观测场所（灵台、清台、观台），还表明已能分辨十种大气光象（十辉）。周初完成的《夏小正》一篇，介绍了一年中各月的物候，为我国最早的物候学专著¹⁾。

春秋时代（公元前770年—前476年）《春秋》一书开始把天气反常列为史事记载的重要内容之一。秦国人医和已将六种天气（阴、阳、风、雨、晦、明）的反常作为病的外因看待。曾参（公元前505—前435年）用阴阳学说解释风、雷、电、雾、雨、露、霰等天气现象的成因（《大戴礼记·曾子天圆》）。管仲（？—公元前645年）不仅认识到植物生长种类与地势高下及地下水深线的关系（《管子·地员》），还提出了齐国三十节气的划分（《管子·幼官》）。《孙子兵法》把天时（“阴阳、寒暑、时制也”）作为军事胜负的五个重要因素之一。

战国（公元前475—前222年）军事气象学有所发展。吴起（？—前381年）主张打仗要重视风向，应趁敌人受气象条件困扰时战胜之。还谈到火攻、水攻和重视马厩小气候（《吴子》）。庄周（公元前369—前286年）指出风是空气的流动（“大块噫气，其名为风”），并提到日光和风可使水面悄悄蒸发（《庄子》）。《考工记》和《墨子》两书分别谈到了大气声学设备，

1) 据赵庄愚（1983）《从星位岁差论证几部古典著作的星象年代》一文，认为《尧典》中星象为夏代星象，而《夏小正》中星象为周初星象。

如钟、磬和地听等。《礼记月令》提出了按季节施行政令的办法。《黄帝内经素问》，系统地讲述了许多以气候条件为依据的诊断、治病、养生、防病原则，及疾病形成的气象原因，其中涉及到一些气象病因的人体病理学问题。

秦代（公元前221年—前206年）是我国大一统时期，已规定各地需向中央政府上报雨情的法律制度（《秦律十八种·田律》）。秦王政执政八年，吕不韦（？—前235年）广招宾客著的《吕氏春秋》（公元前239年），已暗示出在天空云与地面水之间有水分循环（《园道》）。此书还介绍了山云、水云、旱云、雨云的特点（《应同》）；书中《上农》、《任地》、《辨土》、《审时》四篇，可说是我国现存最早的农业气象学文献。

汉代（公元前206—公元219年）刘安（公元前179年—前122年）在《淮南子·天文训》中，首次列有和现代名称相同的二十四节气名。韩婴的《韩诗外传》最早提到雪花六出。汉代已存在靛（《淮南子·齐俗训》）、铜凤凰和相风铜乌（《三辅黄图》）三种测定风向的仪器，并有天平式土炭和羽炭测湿计（《淮南子·天文训、说山训、说林训、泰族训》），还暗示了影响乐器发声的大气湿度与天气变坏有关。此外，汉代还有承露盘等凝露器的发明（《三辅黄图》），董仲舒（公元前180—前115年）在《雨雹对》一文中提到了风在云滴碰并中造成雨滴大小疏密的作用，后汉应劭《风俗通义》在把“风气”归入民俗学内容的同时，还提出了梅雨、信风等名称。蔡邕（132—192年）《月令章句》中对虹的形成有较好的认识，指出它是“阴阳交接之气、著于形色者也。常依阴云而昼见于日冲。无云不见，大阴亦不见。”王充（27—97年）认为雷电的形成与季节有关。雷声与“一斗水灌冶铸之火”所发之声相似（《论衡》）。近年在湖南马王堆发现的西汉《天文气象杂占》帛书，内有云气、晕象等气象图及说明，是一件很有价值的文物。

三国时（公元220—280年）赵君卿注《周髀算经》，介绍了《七衡六间图》，从理论上说明二十四节气与太阳运行的关系。韩暨（？—238年）发明水排鼓风（即水力鼓风炉），是冶铸中人工供氧助燃方法的改进，较马排鼓风提高功效三倍。

晋代（281—419年）木相风乌盛行。傅玄（217—278年）、张华（232—300年）、傅咸（239—294年）、孙楚（约220—293年）、潘岳（247—300年）、陶侃（259—334年）等人均各有《相风赋》之作。张华在《博物志》中还提到利用圆冰把光线聚集到焦点来点火，该书还提及高空风影响地面风的过程，认为云向与地面风向相逆时，地面风向将有趋于适应云向的变化。东晋姜岌通过对太阳及星体的观测，提出“游气”的概念，相当于现代称呼的“蒙气”；他还指出太阳颜色晨昏不同与游气存在有关（《隋书·天文志》）。束皙（261—303年）发现天文折射造成的天体形状变化，并进行了科学解释。

南北朝（420—589年）北魏贾思勰的《齐民要术》一书，集当时农业气象之大成。书中提出了熏烟防霜及积雪杀虫保墒的办法，还介绍了蚕室小气候。公元520年开始，北魏把七十二候列入历书（《正光历》）。南朝刘宋时，沈怀远在《南越志》中有对台风的描述。当时称“台风”为“飓风”。梁武帝时曾利用风筝传递军事情报（唐李亢《独异志》）。

隋代（公元581—617年）杜台卿的《玉烛宝典》，为月令性的书，按月摘录隋以前各书所载节气、政令、农事、风土、典故等，保存了不少农业气象佚文。

唐代（618—906年）天文学家李淳风（602—670年）的《乙巳占》，载有相风木乌的构造、安置及用法，指出该木乌口啣一花，风来不仅乌首向之，而且花也会旋转。当时又有用羽毛做的测风器，叫“五两”，常安装在船樯上，军旅中也有使用。《乙巳占》还按风力大小，将风分为八级。黄子发《相雨书》是最早收集天气经验的专书。唐医学家王冰，在整理注释《黄帝内经素问》时（762年），曾对国内气候进行过区域划分，是世界上最早提出气温水平梯度概念的人。玄奘（600—664年）的《大唐西域记》，不仅记载了沿途各国的气候特点，还对印度的季

节有较细的记述。白居易(772—846年)到庐山,发现山中春天到来较迟,写出了“人间四月芳菲尽、山寺桃花始盛开”的著名诗句(见朱金城《白居易年谱》)。马和写的《平龙认》一书,通过实验,首次发现了氧气,书中把氧气叫“阴气”。该书著作年代是唐至德元年,即756年(见袁翰青《中国化学史论文集》)。在甘肃敦煌曾发现唐代《占云气书》(742年)一卷,内分《观云章》及《占气章》两部分,其所画的云形已较马王堆帛书《天文气象杂占》进了一步,此书是1943年向达(1900—1966年)在葡国栋处发现的。

五代(907—959年) 莘七娘在纸灯下燃松脂使之飞升,以此作军事讯号,即后世所谓的“孔明灯”(见《中国古代科学技术大事记》,上海人民出版社《出版通讯》,1975年,第10期)。

宋代(960—1278年)最著名的科学家沈括(1031—1095年)对气象学有不少创见,其所著《梦溪笔谈》,涉及气象及节气、历法的内容有25则(如峨眉宝光、闪电、雷斧、虹、登州海市、羊角旋风、竹化石、瓦霜作画、雹之形状、行舟之法,垂直气候带、天气预报等)。宋初在广州怀圣寺光塔上曾建一金鸡风信器(王鹏飞,《广州怀圣寺风信鸡光塔的调查研究》,1984年)。张择端在《清明上河图》里,虹桥桥堍处绘有四个相风鹤杆,为水陆交通者分辨风向提供方便(《气象知识》,上海人民出版社,1974)。北宋蒋之奇(1031—1104年)担任江淮发运职务时,曾在公署前树立相风旗,派专人观测,并令漕船上的人在航运时也逐日记录风情,以便对照。这说明当时的内河航运为了充分利用顺风和减少逆风阻力,已设置有不少简单的风信器。宋代的对外贸易兴盛,船帆的装置已较复杂,顺风、侧风均能控帆航行,谓之“三面风”(见朱或《萍州可谈》)。南宋周遵道的《豹隐纪谈》中已有冬夏“九九谚语歌”。范成大(1126—1193年)写的《游峨眉山记》,对上山下山,气温由暖转寒然后又由寒转暖的情况,描写得淋漓尽致,他还指出山上气压低煮米难熟的现象。对峨眉宝光的出现、消失过程,也描写得十分细致。朱熹(1130—1193年)也比当时一般人对气象现象的认识深刻些,他根据自己的亲身观测而提出看法,例如曾谈到雨的形成、虹是日照雨而成、高山无露以及雷犹如今之爆仗等问题。吕祖谦(1137—1181年)曾对二十多种物候现象进行观察记录(见他所著的《庚子辛丑日记》)。秦九韶《数书九章》(1247年)列有四道测雨雪的算题,说明如何由不同形状的承雨雪器皿中所积雨雪,求算平地雨雪的深度。陈旉《农书》(1149年)对农业气象特别重视,认为“耕稼盗天地之时利,可不知耶?”“农事必知天地时宜,则生之、营之、长之、育之、成之、熟之,无不遂矣!”

元代(1279—1367年)和**明代**(1368—1643年)十分重视农业。元时司农司官编的《农桑辑要》(1273年)、王桢的《农书》(1313年)和鲁明善的《农桑衣食撮要》(1314年)等书中,均包含丰富实用的农业气象学内容。

晏娄元的《田家五行》既是记载元末明初太湖流域农业气象谚语的专辑,又是现存的古代收罗最丰的天气和节气农谚集,对后世编写此类农谚影响很大。该书是江南农业生产迅速发展的产物,现在还有参考价值。明时叶子奇《草木子》一书,提到了空气、水体、大地的“凝沉演化理论”,还指出“戴日之下故热”“日光斜及故寒”,意即太阳光直射、斜射影响地面气温。黄省曾的《蚕经》一书,对蚕室小气候的调节有十分细致的说明。明代航海业发达,郑和(1371年—1435年)曾奉命七次率大船队出洋,取得许多成就。其随行的译员写有好几本书,如马欢的《瀛涯胜览》(1436年)、巩珍的《西洋番国志》(1436年)、均记述航途各地的风土气候。张燮的《东西洋考》(1617年)记录了航海天气谚语,有利于航海时预估风雨,保障安全。徐光启(1562—1633年)的《农政全书》中有《占候》一章,对天气经验作了很好整理,已删除《田家五行》中的迷信成分,所载天气农谚以上海附近为多。明末因沿海有倭寇为患,东北战乱